

Análisis del comportamiento del viento en el sector norte del periurbano de Bahía Blanca, Argentina

Antonela Volonté*
Verónica Gil**
Jorge O. Gentili***
Alicia M. Campo****

Abstract

The wind is one of the elements of the weather that most affect the population in Bahia Blanca city, predominating most part of the year. Due to its high temporal and spatial variability is essential to know their maximum speeds, directions and predominant distribution. The aim of this paper is to analyze winds behavior in its two dimensions, speed and direction, in suburban north part of Bahia Blanca city. Recorded data were analyzed by two weather stations installed in the study area for the period March 2011-September 2011. It was obtained media values of speed, frequent directions, maximum gusts and was characterized the seasonal, monthly and daily behavior.

Key words: *Wind behavior, Temporal analysis, City of Bahia Blanca.*

Resumen

En la ciudad de Bahía Blanca el viento es uno de los elementos climáticos que más afecta a la población dado que predomina la mayor parte del año. Debido a su gran variabilidad temporal y espacial es fundamental conocer sus velocidades máximas,

* Becaria, SGCYT, Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur, correo electrónico: antonelavolonte@hotmail.com

** Docente-Investigadora, CONICET, Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur, correo electrónico: verogil@uns.edu.ar

*** Docente-Investigador, CONICET, Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur, correo electrónico: jogentili@uns.edu.ar

**** Docente-Investigadora, CONICET, Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur, correo electrónico: amcampo@uns.edu.ar

direcciones predominantes y su distribución. El objetivo de este trabajo es analizar el comportamiento del viento en sus dos dimensiones, velocidad y dirección, en el periurbano norte de Bahía Blanca. Se analizaron datos registrados por dos estaciones meteorológicas instaladas en el área de estudio para el periodo marzo 2011-septiembre 2011. Se obtuvieron valores medios de velocidad, direcciones frecuentes y ráfagas máximas y se caracterizó el comportamiento estacional, mensual y diario.

Palabras clave: *Comportamiento del viento, análisis temporal, ciudad de Bahía Blanca.*

Introducción

El viento en Bahía Blanca es uno de los elementos climáticos que más afecta a la población dado que predomina la mayor parte del año. Este hecho provoca en los habitantes una sensación de desconfort que se acentúa en algunos sitios de la ciudad. Su estudio adquiere relevancia dada su influencia constante sobre la sociedad y sus actividades. El objetivo de este trabajo es analizar el comportamiento del viento en sus dos dimensiones, velocidad y dirección, en el periurbano norte de Bahía Blanca.

Estudios sobre el comportamiento del viento realizados en diferentes países demuestran que generalmente son realizados con el objetivo de conocer el potencial eólico del área estudiada. En Colombia se han realizado estudios sobre el comportamiento del viento en la capa límite de la atmósfera para la implementación de aerogeneradores. En la obtención de los datos se utilizó un procedimiento de simulación del viento atmosférico, obteniendo diferentes perfiles y analizando su comportamiento (Gómez Rivera y Llano, 2006). En Chile, en la costa de Valdivia se realizó un estudio que tuvo por objetivo determinar el potencial eólico del sector de Curiñanco. Se reunieron datos de temperatura, dirección y velocidad de viento para un año. A partir de estos antecedentes se calcularon los siguientes parámetros: velocidad media diaria del viento, potencial eólico y oferta de energía generada en este sector (Almonacid y Nahuelhual, 2009).

En Uruguay se tomaron mediciones simultáneas en estaciones meteorológicas cercanas y se obtuvo como resultado series históricas de velocidad de viento que junto con las curvas de demanda de energía eléctrica de la planta y las tarifas aplicables a la misma permitieron realizar el estudio de factibilidad de la generación de energía eólica en plantas industriales (Cataldo y Nunes, 2006).

Desde un punto de vista geográfico, en Argentina se han realizado estudios para caracterizar las condiciones de viento. Snaider (2004) determinó la distribución geográfica de las frecuencias de las direcciones del viento y las variaciones registradas durante el período 1941–1990. Identificó y caracterizó los regímenes de vientos, diferenciando las áreas de mayor y menor frecuencia según direcciones,

cuadrantes o sectores. A partir de esta información, detectó la época del año en que el viento adquiere los guarismos más altos de velocidad media y realizó un ensayo de regionalización en función de una síntesis integrada de frecuencia, velocidad y dirección.

Campo de Ferreras (2001) realizó un estudio sobre el viento y los emprendimientos eólicos en proximidades de Bahía Blanca. Concluyó que la frecuencia del viento anual posee la suficiente permanencia como para posibilitar emprendimientos de energía eólica. En el partido Coronel de Marina Leonardo Rosales existe un pequeño parque eólico que se encuentra en funcionamiento desde 1998 y comprende tres aerogeneradores de 600 kW cada uno y provee el 12% de la energía que consume el partido por año.

Piccolo y Campo (1994) estudiaron el efecto del viento sobre la ciudad de Bahía Blanca. A partir de trazadores y una estimación del gradiente horizontal del viento utilizando mediciones a nivel peatonal se comprobó el comportamiento del flujo del aire en torno a determinados conjuntos edilicios presentados en los modelos teóricos y la sensación de desconfort que produce un incremento en la aceleración del aire a ese nivel. De acuerdo con estas autoras las condiciones adversas podrían ser evitadas estableciendo un ancho adecuado para las calles y aceras en relación con la altura de las construcciones. Existen evidencias que alturas homogéneas de los edificios en conjunto con una separación uniforme entre los mismos mitigan las condiciones desfavorables que ocasionan los vientos fuertes, lo cual debería considerarse en la planificación de futuros emplazamientos en la ciudad.

En la actualidad, la ciudad de Bahía Blanca presenta un proceso de expansión hacia los sectores periféricos, principalmente en el área norte. Cuando el crecimiento urbano se da de manera espontánea, surgen problemas como la insuficiencia de infraestructura y servicios básicos para la comunidad (Zinger, 2009).

El viento resulta importante en la planificación urbana, no sólo a partir del potencial que presenta para la generación de energía, sino también como variable a tener en cuenta por los efectos que provoca sobre la sociedad y sus construcciones. En el marco del urbanismo bioclimático, Higuera (1998) considera una serie de variables que deben ser tenidas en cuenta en la planificación de los nuevos asentamientos. Estas son: la radiación solar, la vegetación, el viento, la geomorfología, la estructura urbana y la red viaria, la red de espacios libres, la morfología de las manzanas, la morfología de las parcelas y las condiciones de la edificación. Por ello, el viento es un indicador a considerar al momento de elegir el emplazamiento de un barrio, si lo que se busca es enmarcar a la nueva urbanización dentro del desarrollo sostenible, cuyo objetivo es mejorar la calidad de vida de las personas aprovechando al máximo todos los recursos disponibles y controlando los efectos perjudiciales sobre el medio ambiente en todas sus escalas.

Surge de los párrafos anteriores la posibilidad del aprovechamiento eólico para los nuevos sectores periurbanos. La energía eólica ofrece un modo de satisfacer las necesidades de energía limpia, renovable y es un medio de generación sustentable. El conocimiento de los rasgos más sobresalientes del viento como elemento climático y como recurso energético es una demanda cada vez mayor en los estudios medioambientales con fines de planificación y ordenamiento territorial (Volonté, 2012; Volonté *et al.*, 2012). El conocimiento del comportamiento del viento resulta de importancia debido a que en el área de estudio está en desarrollo una zona residencial y por lo tanto será la base para valorar su uso como recurso energético y a los fines de selección y disposición de especies vegetales y tipo y orientación de viviendas.

Área de estudio

El área de estudio se encuentra en el noroeste de la ciudad de Bahía Blanca, provincia de Buenos Aires, Argentina (véase Figura 1). Este sector presenta las características propias de toda la franja periurbana: usos inherentes a la ciudad (residencial, comercial, industrial, público) como así también espacios dedicados a la producción primaria (hortícola, avícola, agrícola-ganadero). A ellos se agregan los típicos usos de estas áreas como son las segundas residencias y los recreativos. En la actualidad el periurbano presenta una importante transformación del paisaje natural resultado de la actividad progresiva del hombre. Esto ha provocado que la vegetación nativa como como la jarilla (*Larrea divaricata*), el chañar (*Geoffroea decorticans*) y el caldén (*Prosopis caldenia*) entre otras, hayan sido desplazadas predominando las especies de gramíneas (Cabrera, 1971).

A escala regional, el área de estudio se encuentra inserta sobre una planicie extendida que conforma el sector marginal de la llanura Chaco-Pampeana, la cual desde el punto de vista morfológico está integrado por un área de piedemonte y por la llanura subventánica (González Uriarte, 1984). Presenta alturas que oscilan entre los 350-400m en el piedemonte del Sistema de Ventania hasta 60-70m en el frente de escarpa de erosión. La pendiente regional se encuentra orientada hacia el Sur con gradientes variables de entre 5% y 0.5%. En el área de estudio hay un quiebre regional de la pendiente con un afloramiento de tosca,¹ de alta dureza y un espesor medio de 2 metros. Los sectores correspondientes al escarpe y al talud presentan

¹ El término “tosca” se refiere a una roca sedimentaria química, epigénica cuyo componente principal es el carbonato de calcio. En términos generales se forma en la superficie del suelo o subsuelo por evaporación de las aguas subterráneas que ascienden por capilaridad inducida en climas áridos y semiáridos (Dristas y Frisicale, 1978; Goudie, 1983; Zárate, 1985; Imbellone y Teruggi, 1986; Nash, 2004; Gutiérrez Elorza, 2008). Es común en el sur de la llanura pampeana y en el área periférica de la ciudad de Bahía Blanca encontrar mantos de tosca a escasos metros de profundidad o aflorando en superficie.

valores de pendientes que oscilan entre 40% y 90%. Con respecto al perfil estratigráfico se encuentran sedimentos pampeanos (loess con alta proporción de carbonatos) en la parte más baja y bancos de tosca en la parte más alta (Grill *et al.*, 2012). En la Figura 2 se puede observar la topografía del terreno y la disposición de las estaciones meteorológicas. La pendiente disminuye en sentido este-oeste y las alturas decrecen desde el frente del escarpe hacia el valle del arroyo Saladillo de García desde 90m a 50m.

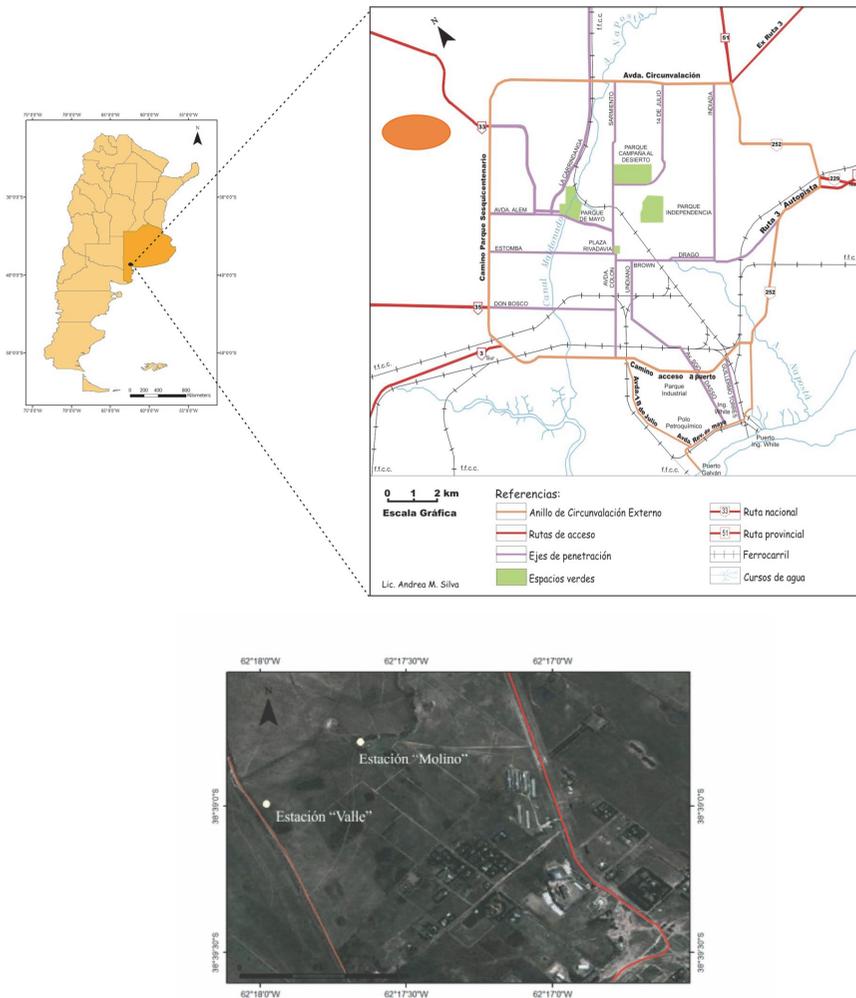


Figura 1. Localización del área de estudio.
Fuente: Elaboración de los autores sobre la base de Google Earth® y Campo *et al.* (2010).

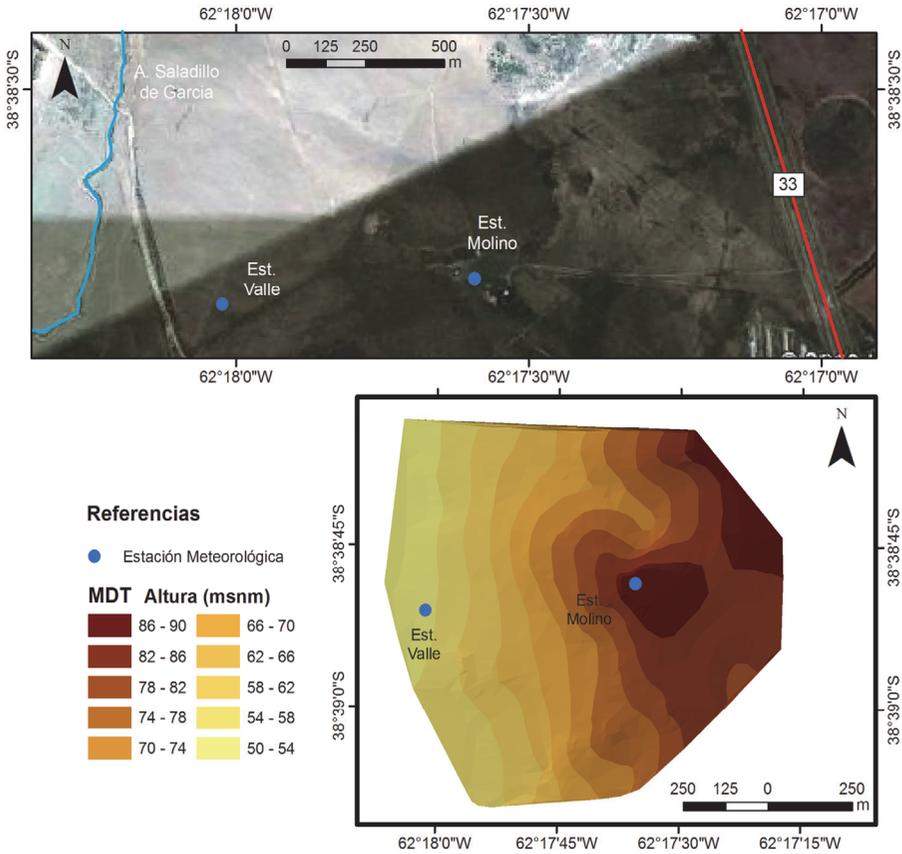


Figura 2. Perfil altitudinal y ubicación de las estaciones meteorológicas.
Fuente: Elaboración de los autores.

Climáticamente se halla comprendida en la zona de clima templado, la cual se caracteriza por presentar valores de temperatura entre los 14°C y 20°C con estaciones térmicas bien diferenciadas. La llanura pampeana se caracteriza por la interacción entre las masas de aire y el desplazamiento estacional de los centros de acción. En el sur de la provincia de Buenos Aires se suceden estados de tiempo identificables por las condiciones típicas de temperatura y humedad que presentan y por tener direcciones de viento particulares. Entre los estados de tiempo típicos que inciden en el área de estudio se encuentra el Pampero, la Sudestada y el viento Norte (Cappelli de Steffens *et al.*, 2006; Campo de Ferreras *et al.*, 2004). El estudio del viento realizado por Campo de Ferreras *et al.* (2004) para la ciudad de Bahía Blanca a través de datos estadísticos pone de manifiesto el predominio del viento Norte y Noroeste y una velocidad promedio de 22.5km/h para las últimas cinco décadas. Es

uno de los elementos climáticos más importante debido a su influencia en la evaporación, las sequías y la erosión eólica.

Campo *et al.* (2010) realizaron un análisis climatológico decádico para la ciudad de Bahía Blanca a partir del año 1951. Con respecto al comportamiento del viento identificaron que durante el periodo 1951-1960 las direcciones predominantes fueron del Norte, Noroeste y Oeste. Las calmas representaron un 71%. Los vientos provenientes del cuadrante Oeste fueron los que presentaron las mayores velocidades medias con valores de 36km/h. La década de los años sesenta también presentó direcciones predominantes del Norte, Noroeste y Oeste. La frecuencia de calmas fue mayor que en la década anterior (169%) y las velocidades medias oscilaron entre 15 y 22km/h. Los mayores valores se registraron en primavera mientras que las menores velocidades medias se registraron en invierno.

Para el periodo 1971-1980 las direcciones predominantes fueron las mismas que en las dos décadas anteriores. Las calmas fueron de 150% y las velocidades medias estuvieron comprendidas entre 19 y 33km/h. Las mayores velocidades medias fueron del cuadrante Oeste y Suroeste. En el periodo 1981-1990 las direcciones dominantes fueron nuevamente del sector Norte, Noroeste y Oeste. La frecuencia de días con calma fue 96%. Las velocidades medias variaron entre 19 y 27km/h. Las mayores velocidades medias se registraron en los meses de verano mientras que las menores fueron en otoño e invierno. En esta década se registraron valores extremos de velocidad de viento como por ejemplo: 157km/h (octubre 1986), 155km/h (julio 1986), 153km/h (marzo 1981), 135km/h (abril 1981) y 125km/h (diciembre 1985). Según el Servicio Meteorológico Nacional (1992) las velocidades superiores a 43km/h se deben considerar como viento fuerte. El número medio de días con velocidades de viento superiores a dicho umbral fue 196.

En la década de los años noventa las direcciones predominantes fueron del cuadrante Norte, específicamente del Noroeste. Las calmas fueron de 71%. Las velocidades medias variaron entre 20.9 y 27.3km/h. El verano fue la estación que presentó las mayores velocidades medias de viento y las menores ocurrieron en invierno (Campo *et al.*, 2010; Servicio Meteorológico Nacional, 1992).

Materiales y métodos

Se analizaron datos registrados por dos estaciones automáticas instaladas en el área de estudio, perteneciente al Departamento de Geografía y Turismo de la Universidad Nacional del Sur. La estación denominada "Valle" se localiza a los 38°38'49"S y 62°18'5"O a una altura de 53 metros sobre el nivel del mar. La estación denominada "Molino" se emplaza a los 38° 38'47"S y 62°17'38"O a una altura de 88 metros sobre el nivel del mar.

Los datos obtenidos con una frecuencia de 30 minutos corresponden al periodo otoño e invierno del año 2011 debido a que según las estadísticas climatológicas de

décadas anteriores éstas son las que registran velocidades de viento importantes. Fueron tabulados y tratados estadísticamente a fin de obtener valores medios de velocidad y dirección, ráfagas máximas y analizar el comportamiento diario, mensual y estacional. Los resultados obtenidos se presentan en gráficos de barra, de líneas y rosas de los vientos, los que se encuentran expresados en kilómetros por hora (km/h).

Para el análisis de las frecuencias de la dirección estacional del viento se consideraron trabajos previos realizados en la ciudad de Bahía Blanca y se los comparó con los datos obtenidos en la estación “Valle”. El análisis estacional se realizó considerando las velocidades medias máximas diarias, las medias mensuales y la media estacional. Se presentan en forma de gráfico los meses más representativos.

Resultados

Análisis estacional de las dimensiones que caracterizan al viento

Velocidad media

La estación “Valle” presentó para el otoño (véase Figura 3) una velocidad media de 12.3km/h. La velocidad media máxima fue 46.4km/h y se registró el 19 de mayo mientras que la segunda velocidad más importante fue el día 7 de mayo con 45.4km/h. La frecuencia de calmas en esta estación fue 27%. La velocidad media para el invierno (véase Figura 4) fue 12.2km/h mientras que la máxima velocidad fue 50km/h y se registró en dos oportunidades, el 2 de septiembre y el día 15 de septiembre. La segunda velocidad máxima fue el día 11 de septiembre con 46.4km/h y la frecuencia de calmas en esta estación fue 39.2%.

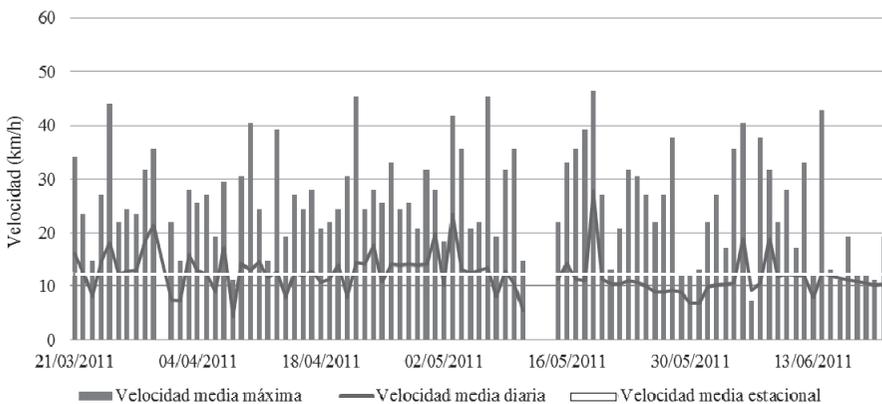


Figura 3. Velocidad media máxima y velocidad media. Otoño 2011. Estación “Valle”.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de los registros de la estación “Valle”.

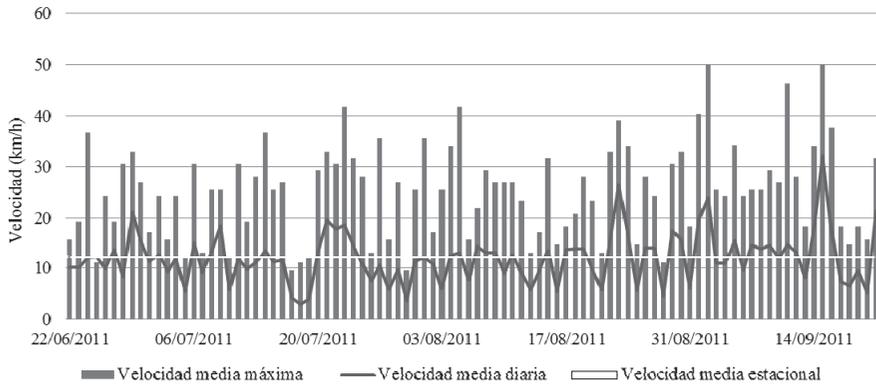


Figura 4. Velocidad media máxima y velocidad media. Invierno 2011. Estación “Valle”.
Fuente: Elaboración propia sobre la base de los registros de la estación “Valle”.

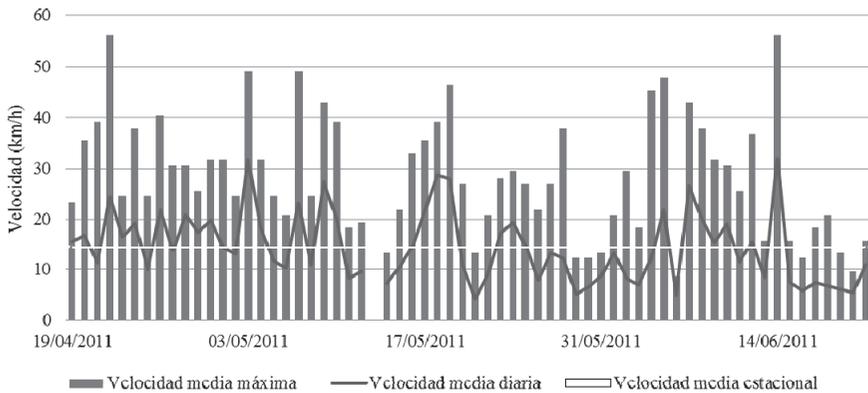


Figura 5. Velocidad media máxima y velocidad media. Otoño 2011. Estación “Molino”.
Fuente: Elaboración propia sobre la base de los registros de la estación “Molino”.

En la estación “Molino” para el otoño (véase Figura 5) la velocidad media diaria fue 14.5km/h. La velocidad media máxima ocurrió el día 14 de junio (56.2km/h). La segunda velocidad importante fue el día 26 de abril con 40.3km/h. En invierno la velocidad media fue de 12.4km/h. La velocidad máxima coincidió con la estación “Valle” la cual fue 50km/h con dirección Oeste. La segunda velocidad máxima fue el día 5 de agosto con 41.8km/h (véase Figura 6).

Distribución de los periodos de calma

De acuerdo a la estación del año que se encuentra, el viento presenta diferentes periodos de calma. Campo de Ferreras *et al.* (2004) determinaron que para Bahía

Blanca el porcentaje de calmas es mayor durante otoño e invierno lo cual también se comprobó para el área de estudio. En la Tabla 1 se observa la cantidad de periodos de calma en relación con la cantidad de datos analizados. El mayor número de calmas se da en invierno para ambas estaciones meteorológicas, representando el 39.2% de los datos en el caso de la estación “Valle” y el 38.7% en la estación “Molino”.

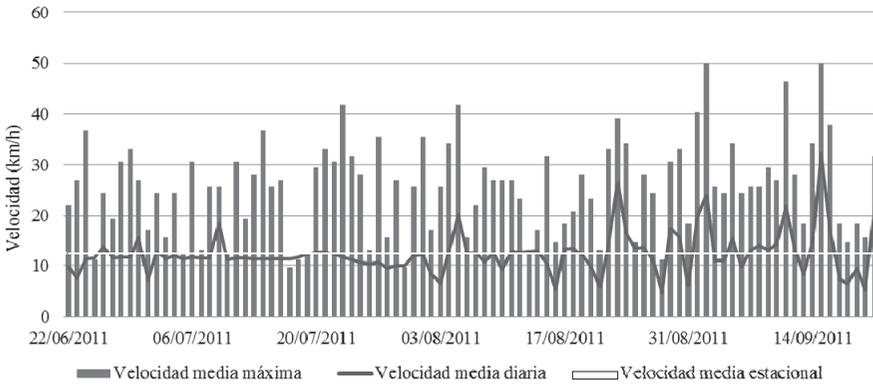


Figura 6. Velocidad media máxima y velocidad media. Invierno 2011. Estación “Molino”.

Fuente: Elaboración propia sobre la base de los registros de la estación “Molino”.

Tabla 1
Periodos de calma por estaciones

	<i>Periodo</i>	<i>Calmas</i>	<i>% de calmas</i>
Estación “Valle”	Otoño (2011)	42	8.6
	Invierno (2011)	173	39.2
Estación “Molino”	Otoño (2011)	17	5.7
	Invierno (2011)	171	38.7

Fuente: Elaboración propia sobre la base de los registros de la estación “Valle” y “Molino”.

Ráfagas máximas

Un aspecto importante a tener en cuenta lo constituyen las ráfagas máximas, que implican variaciones repentinas en la velocidad del viento durante un lapso de tiempo determinado. Su estudio es importante dado que son intensas y el hecho de que sean repentinas genera importantes daños sobre los individuos y sus construcciones.

La ráfaga máxima diaria para el otoño en la estación “Valle” se registró el día 22 de abril y fue 68.6km/h. La segunda ráfaga máxima para este periodo ocurrió los días 13 de abril y 7 de mayo con 62.3km/h. Los valores mínimos fueron ráfagas de 12.2km/h (6 de junio) y 13.3km/h (8 de abril). El 29.3% del total de datos presentó una velocidad superior a los 40km/h. En el invierno la ráfaga máxima ocurrió el 15 de septiembre, registrándose 68.4km/h. La segunda ráfaga máxima fue el día 2 de septiembre con 62.3km/h. El valor mínimo fue 13.3 km/h el día 30 de julio. El 35.8% del total de datos presentó una velocidad superior a los 40km/h.

En la estación “Molino” el comportamiento de las ráfagas fue similar a la estación “Valle”. En otoño la ráfaga máxima se registró el día 22 de abril y 14 de junio siendo de 69.8km/h. La segunda ráfaga máxima ocurrió el día 4 de junio con 67.3km/h. Los valores mínimos fueron las ráfagas de 11.2km/h (6 de junio) y 14.8km/h (20 de junio). Del total de datos analizados el 41.2% presentaron una velocidad mayor a 40km/h. En invierno la ráfaga máxima se registró el día 15 de septiembre con 68.4km/h. La segunda ráfaga máxima ocurrió el día 2 de septiembre con 62.3km/h. Los valores mínimos fueron las ráfagas de 13.3km/h (30 de julio) y 14.8km/h (17 de julio). El 31.5% del total de datos analizados presentó una velocidad superior a 40km/h.

Frecuencias por direcciones de viento y las calmas

Trabajos previos realizados para la ciudad de Bahía Blanca (Campo de Ferreras *et al.*, 2004; Campo *et al.*, 2010 y Capelli de Steffens *et al.*, 2006) determinaron que la ciudad presenta como dirección de viento predominante las provenientes del cuadrante Norte y Oeste, siendo las menos frecuentes las del Sureste, Sur y Suroeste. Estas direcciones coinciden con las obtenidas para el área de estudio. A modo de ejemplo se puede observar en las Figuras 7 y 8 que en la estación “Valle” durante el otoño se registró como dirección más importante las provenientes del sector Norte (265‰), Noroeste (166‰) y Sur (133‰). Las direcciones menos frecuentes fueron del cuadrante Este: Este-Noreste (4‰), Este-Sureste (5‰) y Sur-Sureste (7‰). Las calmas fueron de 1.6‰. La rosa de los vientos correspondiente al invierno permite observar nuevamente la dirección Norte fue la que predominó (295‰) seguida por Noroeste (191‰) y Oeste (93‰). Las direcciones menos frecuentes fueron: Este-Sureste (10‰), Sur-Sureste (11‰) y Este-Noreste (20‰), las calmas fueron de 18‰.

Análisis mensual de velocidad del viento

Estación “Valle”

En el mes de marzo la velocidad media mensual fue 13.6km/h. La velocidad media máxima registrada ocurrió el día 25 de marzo con una velocidad de 43.9km/h y dirección Noroeste seguido por el día 30 de marzo con 35.6km/h. En este mes las ráfagas superaron los 58km/h y las calmas fueron de 10.1‰.

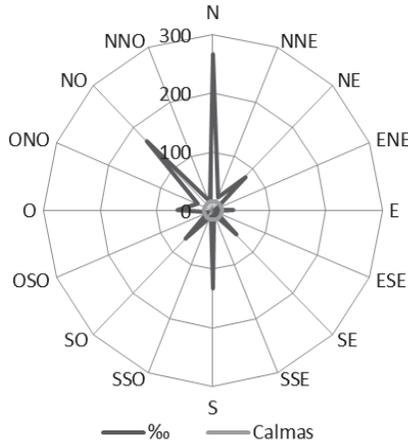


Figura 7. Frecuencia de direcciones de viento y calmas. Otoño 2011.
Fuente: Elaboración de los autores.

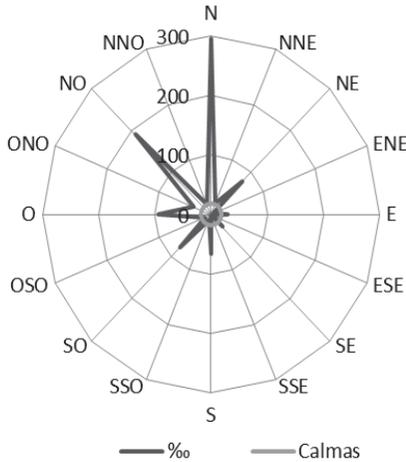


Figura 8. Frecuencia de direcciones de viento y calmas. Invierno 2011.
Fuente: Elaboración de los autores.

La velocidad media del mes de abril fue 12.3km/h mientras que las medias diarias se mantuvieron entre 4.2km/h y 17.8km/h. La velocidad media máxima registrada ocurrió el día 22 de abril con una velocidad de 45.4 km/h y dirección Oeste-Noroeste. En este mes la ráfaga máxima fue 64.8km/h. Con respecto a los momentos de calma estos representan el 22.2% del total de datos.

En el mes de mayo la velocidad media fue 11.8km/h. La velocidad media máxima registrada ocurrió el día 19 de mayo siendo esta 46.4km/h con dirección Sur siguiendo en intensidad el día 7 de mayo con una velocidad de 45.4km/h y dirección Sur. En este mes la ráfaga máxima fue de 62.3km/h. Las calmas representan el 21.7% de la totalidad de los registros.

En el mes de junio la velocidad media fue 11.9km/h. La velocidad media máxima registrada ocurrió el día 14 de junio siendo ésta 42.8km/h y dirección Norte. La segunda velocidad media máxima ocurrió el 5 de junio con una velocidad de 40.3km/h y dirección Nor-Noroeste. La ráfaga máxima fue 56.2km/h. Con respecto a los momentos de calma representan el 54.5% del total de los registros para este mes (véase Figura 9).

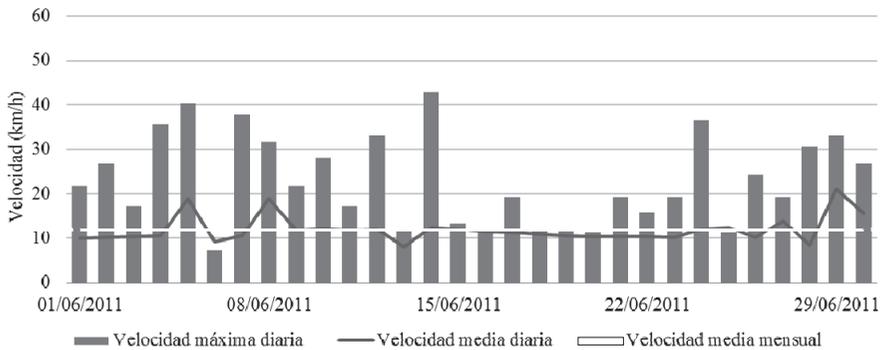


Figura 9. Análisis mensual del viento. Estación “Valle”, junio 2011.

Fuente: Elaboración de los autores sobre la base de los registros de la estación “Valle”.

La velocidad media obtenida en el mes de julio fue 10.9km/h. La velocidad media máxima registrada ocurrió el día 23 de julio siendo ésta 41.8km/h y dirección Oeste-Noroeste. En este mes la ráfaga máxima fue 52.6km/h. Los momentos de calmas representan el 40.9% del total de datos.

El mes de agosto la velocidad media fue de 11.8km/h. La velocidad máxima registrada ocurrió el día 5 de agosto siendo esta 41.8km/h y dirección Oeste. El segundo valor máximo registrado fue el 23 de agosto con 39.5km/h. La ráfaga máxima fue 51.5km/h. Con respecto a los momentos de calma, representan al 43.8% del total de los registros para este mes.

El mes de septiembre tuvo una velocidad media de 14.4km/h y la velocidad máxima registrada ocurrió los días 2 y 15 de septiembre siendo ésta 50km/h y dirección Oeste en ambos casos. Fue el mes con los valores de velocidad máxima más elevados. El segundo valor máximo registrado fue el 11 de septiembre con 46.4km/h. En este mes la ráfaga máxima fue de 68.4km/h. Con respecto a las cal-

mas, representaron el 27.8% de la totalidad de los registros para este mes (véase Figura 10).

Dentro de las medidas de centralización se encuentran la media, la mediana y la moda. En la Tabla 2 se observan los resultados para el periodo marzo-septiembre en la estación “Valle”. Se destaca que el valor 12.2 en la mediana se repite en 4 de los 7 meses. Con respecto a las frecuencias, las velocidades oscilan entre 5km/h y 8.6km/h.

Tabla 2
Medidas de centralidad para la estación “Valle”

	<i>Media</i>	<i>Mediana</i>	<i>Moda</i>
Marzo	13.6	12.2	8.6
Abril	12.3	12.2	7.2
Mayo	11.8	12.2	6.1
Junio	11.9	8.6	5.0
Julio	10.9	9.7	7.2
Agosto	11.8	9.7	6.1
Septiembre	14.4	12.2	8.6

Fuente: Elaboración de los autores sobre la base de los registros de la estación “Valle”.

Con respecto a las medidas de dispersión se utilizó el desvío estándar. Asimismo se calcularon los valores medio máximos y mínimos medios registrados para cada mes analizado (Tabla 3). Se destaca que el mayor desvío lo presenta el mes de septiembre (10.12) mientras que los meses de marzo, abril, junio y julio son los que presentan menores desvíos. En cuanto a los valores máximos y mínimos se observa que existen amplitudes considerables lo cual genera que los desvíos del valor central sean grandes. A modo de ejemplo, el mes de septiembre presenta el mayor desvío y una amplitud elevada (48.9).

Tabla 3
Medidas de dispersión para la estación “Valle”

	<i>Desvío estándar</i>	<i>Máximo</i>	<i>Mínimo</i>
Marzo	7.97	43.9	1.1
Abril	7.68	45.4	1.1
Mayo	9.08	46.4	1.1
Junio	7.86	42.8	1.1
Julio	7.80	41.8	1.1
Agosto	8.09	41.8	1.1
Septiembre	10.12	50.0	1.1

Fuente: Elaboración de los autores sobre la base de los registros de la estación “Valle”.

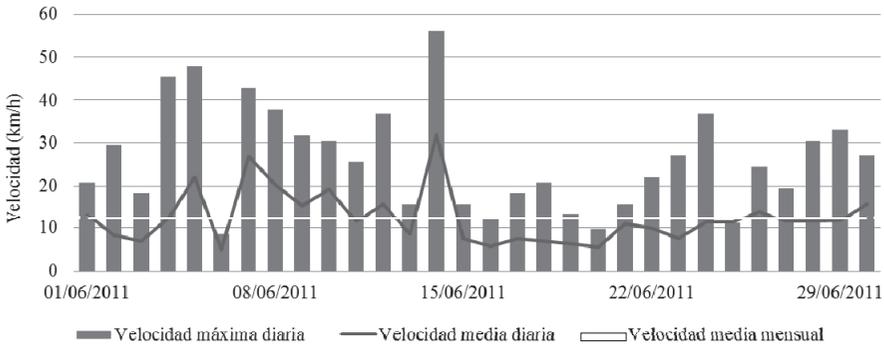


Figura 10. Análisis mensual del viento. Estación “Molino”, junio, 2011.

Fuente: Elaboración de los autores sobre la base de registros de la estación “Molino”.

Estación “Molino”

En el mes de abril la velocidad media fue de 17.3km/h. La velocidad media máxima registrada ocurrió el días 22 de abril siendo ésta de 56.2km/h y dirección Norte, siguiendo en velocidad el día 26 de abril con 40.3km/h y dirección Sur. En este mes la ráfaga máxima fue de 69.8km/h. Con respecto a las calmas, éstas representan el 1.8% del total de los registros disponibles.

En el mes de mayo la velocidad media fue 14.6km/h mientras que la velocidad máxima registrada ocurrió los días 3 y 7 de mayo, con 49km/h, dirección Sur y normoroeste respectivamente, seguido por el día 19 de abril con 46.4km/h proveniente desde la dirección Sur. La ráfaga máxima fue de 63.7km/h. Con respecto a las calmas, éstas representan el 2.9% de los datos registrados.

El mes de junio tuvo una velocidad media de 12.4km/h junio. La velocidad máxima registrada ocurrió el día 14 de junio siendo ésta de 56.2km/h y dirección Norte, la segunda velocidad máxima fue el día 5 de junio con 47.9km/h y dirección Sur. En este mes la ráfaga máxima fue 69.8km/h. Las calmas representan al 22.2% del total de los datos.

En el mes de julio la velocidad media fue 11.5km/h. La velocidad máxima registrada ocurrió el día 23 de julio siendo ésta de 41.8km/h y dirección Oeste-Noroeste. La segunda velocidad máxima ocurrió el día 14 de julio con 36.7km/h y dirección Norte. La ráfaga máxima fue de 52.6km/h y los periodos de calma, éstos representan el 41% del total de los registros.

El mes de agosto el cual tuvo una velocidad media de 12.2km/h. La velocidad máxima ocurrió el día 5 de agosto siendo esta de 41.8km/h y dirección Oeste siguiéndole el día 23 de agosto con 39.2km/h y dirección Oeste-Noroeste. La ráfaga máxima fue de 51.5km/h. Los periodos de calma representan al 42.3% del total de los registros.

Se calcularon la media, la moda y la mediana mensuales para el periodo abril-septiembre. En la Tabla 4 se observan los resultados obtenidos. Se destaca que los valores de la mediana 12.2 (agosto-septiembre) y 9.7 (junio-julio) son los que se repiten. La moda se mantiene entre 6.1 y 12.2 para los meses analizados.

Tabla 4
Medidas de centralidad para la estación “Molino”

	<i>Media</i>	<i>Mediana</i>	<i>Moda</i>
Abril*	17.3	17.3	12.2
Mayo	14.6	13.3	6.1
Junio	12.4	9.7	6.1
Julio	11.5	9.7	7.2
Agosto	12.2	12.2	6.1
Septiembre	14.5	12.2	8.6

* Estadísticos obtenidos a partir de datos incompletos

Fuente: Elaboración de los autores sobre la base de los registros de la estación “Molino”.

Con respecto a las medidas de dispersión, en este caso se utilizó el desvío estándar. Asimismo se calcularon los valores máximos y mínimos registrados para cada mes analizado (Tabla 5). El mayor desvío corresponde al mes de septiembre (10.12) mientras que los meses de abril, julio y agosto son los que presentan menores valores en el desvío. En cuanto a los valores máximos y mínimos se observa que existen amplitudes considerables lo cual genera que los desvíos del valor central sean grandes.

Tabla 5
Medidas de dispersión para la estación “Molino”

	<i>Desvío estándar</i>	<i>Máximo</i>	<i>Mínimo</i>
Abril	8.61*	56.2	1.1
Mayo	9.62	49.0	1.1
Junio	9.22	56.2	1.1
Julio	7.80	41.8	1.1
Agosto	8.09	41.8	1.1
Septiembre	10.12	50.0	1.1

* Estadísticos obtenidos a partir de datos incompletos.

Fuente: Elaboración de los autores sobre la base de los registros de la estación “Molino”.

Comparación de la velocidad media mensual en las estaciones “Valle” y “Molino”

Se tomaron las medias mensuales analizadas en los párrafos antecedentes. La Figura 11 representa los meses de abril a agosto del año 2011 para cada estación. Se

puede observar que en la estación “Molino”, la cual se halla a una altura superior, las velocidades son mayores. La velocidad media para el periodo de análisis es 12.4km/h en la estación “Valle” y 13.7km/h en la estación “Molino”.

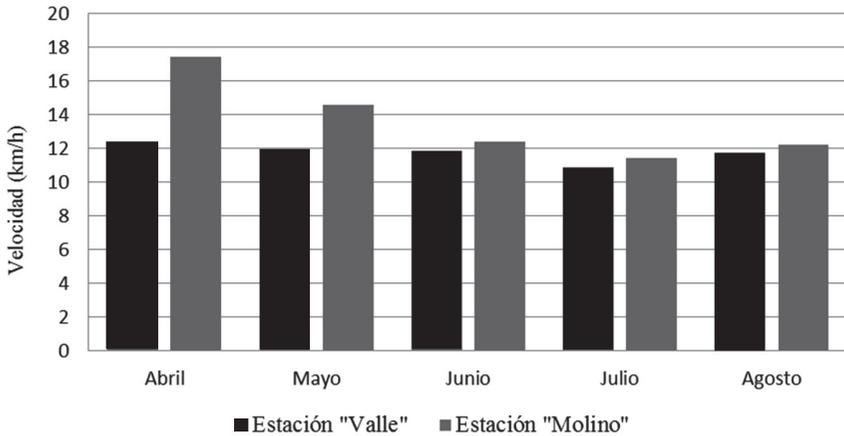


Figura 11. Velocidades medias mensuales de viento.

Fuente: Elaboración de los autores sobre la base de los registros de la estación “Valle” y “Molino”.

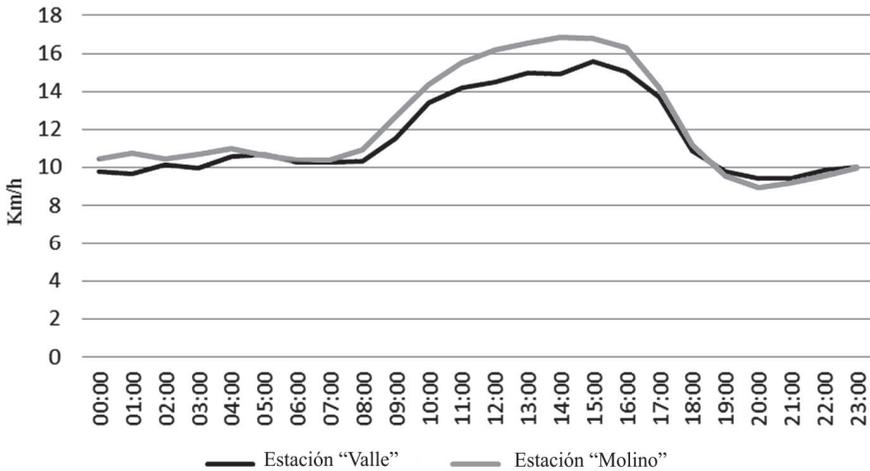


Figura 12. Comportamiento medio diario de la velocidad media del viento.

Fuente: Elaboración de los autores sobre la base de los registros de la estación “Valle” y “Molino”.

Análisis del comportamiento diario de la velocidad media del viento

Foghin Pillin y Reyes (1999) utilizaron modelos teóricos para determinar la curva diaria “típica” de la velocidad media del viento. Consideraron que las máximas velocidades medias ocurren después del mediodía y comienzan a decrecer sobre las 20:00 horas. En el área de estudio la curva de velocidad media diaria presenta una distribución semejante a la curva “típica”. Los máximos valores ocurren hacia las 14:00 horas cuando la velocidad media asciende a 16km/h para la estación “Molino” y 17km/h en la estación “Valle”. El valor mínimo ocurre entre las 20:00 y 21:00 horas siendo de 9km/h para ambas estaciones (véase Figura 12).

Conclusiones

A partir de los meses analizados se concluye que la estación “Molino” presentó tanto en otoño como en invierno velocidades medias superiores a la estación “Valle”. Un comportamiento similar tuvieron las velocidades medias máximas. Se evidencia que la diferencia de altura y la posición respecto a la topografía ejercen una influencia sobre la velocidad del viento.

Con respecto a la dirección del viento durante el otoño en la estación “Valle” se registró como dirección más importante las provenientes del sector Norte, Noroeste y Sur. Las direcciones menos frecuentes fueron del cuadrante Este: Este-Noreste, Este-Sureste y Sur-Sureste. En la rosa de los vientos nuevamente la dirección Norte fue la que predominó seguida por Noroeste y Oeste. Las direcciones menos frecuentes fueron: Este-Sureste, Sur-Sureste y Este-Noreste. Las ráfagas máximas diarias para el otoño en la estación “Valle” superaron tanto en otoño como en invierno los 60km/h al igual que en la estación “Molino”.

Del análisis mensual se desprende que en la estación “Valle” los meses que presentaron las mayores velocidades medias fueron marzo y septiembre siendo este último también el mes que tuvo la velocidad máxima diarias más importante (50km/h) y mayo presentó la segunda velocidad máxima diaria (46.4km/h). En la estación “Molino” abril fue el mes que tuvo la mayor velocidad media y la velocidad máxima diaria más importante. La menor velocidad media fue en el mes de julio.

La curva de velocidad media horaria presenta los máximos valores sobre las 14:00 horas cuando la velocidad media asciende a 16km/h para la estación “Molino” y 17km/h en la estación “Valle” y el valor mínimo ocurre entre las 20:00 y 21:00 horas siendo de 9km/h para ambas estaciones. El mayor número de calmas se da en invierno para ambas estaciones meteorológicas.

Tener conocimiento del comportamiento del viento, permite anticipar los problemas que genera este elemento climático en la sociedad. Estos terrenos que están incluidos dentro del Plan Director del Periurbano Bahiense se hallan en un área

atractiva para el mercado inmobiliario y para un segmento de la sociedad. La caracterización obtenida en el presente trabajo permitirá, dentro del concepto de desarrollo sustentable, evaluar alternativas de aprovechamiento del viento como recurso energético mediante aerogeneradores domiciliarios y su consideración, junto a otros elementos climáticos, para el diseño bioclimático.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Secretaría General de Ciencia y Tecnología de la Universidad Nacional del Sur de Bahía Blanca, Argentina por el financiamiento otorgado en el marco del proyecto “La Geografía Física del sur de la provincia de Buenos Aires. Relaciones del hombre y el medio natural”.

Bibliografía

- Almonacid, A. y Nahuelhual, L., “Estimación del potencial eólico y costos de producción de energía eólica en la costa de Valdivia, sur de Chile”, *Agro Sur*, vol. 37(2):103-109, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile, 2009. Disponible en: <<http://mingaonline.uach.cl/pdf/agrosur/v37n2/art04.pdf>> (fecha de consulta 23 de octubre de 2012).
- Cabrera, A., “Fitogeografía de la República Argentina”, *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, vol. XIV (1-2), Buenos Aires, 1971, p. 42.
- Campo de Ferreras, A., “Características del viento y emprendimientos eólicos en el sur de la provincia de Buenos Aires”, *Anales de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas*, pp. 13-19, Chile, 2001.
- Campo de Ferreras, A. M., Capelli de Steffens, A. y Diez, P., “*El clima del suroeste bonaerense*”, EdiUns, Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geografía y Turismo, Bahía Blanca, 2004, p. 99.
- Campo, A. M., Gil, V., y Gentili, J., “Análisis climatológico de la ciudad de Bahía Blanca”, *Informe Técnico*, Gabinete de Geografía Física Aplicada, Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geografía y Turismo, Bahía Blanca, 2010, p. 7.
- Capelli de Steffens, A. M., Piccolo, M. C., y Campo de Ferreras, A. M., “*El clima urbano de Bahía Blanca*”, Ed. Dunken, Capital Federal, 2006, p. 200.
- Cataldo, J. y Nunes, J., *Metodología de evaluación del potencial eólico para la instalación de aerogeneradores en plantas industriales y análisis de la sensibilidad de la factibilidad*, Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Uruguay, 2006. Disponible en: <<http://iie.fing.edu.uy/publicaciones/2006/CN06a/CN06a.pdf>> (fecha de consulta: 18 de octubre de 2012).

- Dristas, J. A. y Frisicale, C., *Génesis de las toscas del suroeste de la provincia de Buenos Aires*, parte II, 2a. Reunión Informativa Cuaternario Bonaerense, CIC de la Provincia de Buenos Aires, 1978, pp. 3-12.
- Foghin Pillin, S. y Reyes, V. M., “Descripción de algunas circulaciones periódicas locales en las costas venezolanas”, *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal*, Venezuela: Universidad Central de Venezuela, 1999. Disponible en: <<http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=72102405>> (fecha de consulta: 13 de septiembre de 2012).
- Gómez Rivera, W. y Llano, L. E., “Simulación del viento atmosférico y aplicación experimental”, *Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal. Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, vol. 16, núm. 1, agosto, 2006. Disponible en: <<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/911/91116101.pdf>> (fecha de consulta: 5 de octubre de 2012).
- González Uriarte, M., “Características geomorfológicas de la porción continental que rodea la Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires”, *Actas 9o. Congreso Argentino de Geología*, Bariloche, Argentina, 1984, pp. 556-576.
- Goudie, A. S., Calcrete, en Goudie, A. S. y Pye, K. (Eds), *Chemical sediments and geomorphology: precipitates and residua in the near surface environment*, Academic Press, New York, 1983, pp. 93-131.
- Grill, S., Gil, V. y Gentili, J., “Geología y Geomorfolología ‘Cueva de los Leones’”, *Informe técnico*, Universidad Nacional del Sur. Departamento de Geología y Departamento de Geografía y Turismo, Bahía Blanca, 2012, p. 13.
- Gutiérrez Elorza, M., *Geomorfología*, Pearson Educación S.A., Madrid, 2008, p. 887.
- Higueras, E. “*Urbanismo Bioclimático*”, tesis doctorado en Arquitectura, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid, España, 1998, p. 80.
- Imbellone P. A. y Teruggi, M. E., *Morfología y micromorfología de toscas de algunos paleosuelos pampeanos en el área de La Plata. Provincia de Buenos Aires*, en *Revista Ciencia del Suelo*, vol. 2, 1986, 210-215 pp.
- Nash, D. J., Calcrete, en Goudie, A. S. (Ed.), *Encyclopedia of Geomorphology*, Routledge, London, 2004, 108-111 pp.
- Piccolo, M. C. y Campo, A. M., “Modificación de la morfología urbana en Bahía Blanca y su efecto sobre el viento”, CONICET, Universidad Nacional del Sur, 1994. Disponible en: <http://www.ihdpargentina.unlu.edu.ar/contenido/docs/Piccolo_Campo_Modificacion%20de%20la%20morfologia%20urbana.pdf> (fecha de consulta: 20 de agosto de 2011).
- Servicio Meteorológico Nacional, “*Estadísticas Climatológicas 1981-1990*”, Serie B- N°37, Buenos Aires, primera edición, 1992, 709 pp.
- Snaider, P., *Régimen de los vientos en la República Argentina. Distribución geográfica y condiciones estacionales de los vientos según dirección, frecuencia y*

- velocidad*, Instituto de Geografía, Facultad de Humanidades, UNNE, 2004. Disponible en: <http://www.inti.gov.ar/cirsoc/pdf/accion_viento/H-029.pdf> (fecha de consulta: 18 de octubre de 2012).
- Volonté, A., *Comportamiento del viento y potencial eólico aplicado a la planificación urbana. Sector Norte del periurbano bahiense*, tesis de licenciatura en Geografía, Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geografía y Turismo, Bahía Blanca, Argentina, 2012, 75 pp.
- Volonté, A., Gil, V., Gentili J., Campo A. M., “*Variaciones diarias de circulación del viento en el sector Norte del periurbano bahiense*”, *Actas IX Jornadas de Geografía Física*, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, 2012.
- Zárate, M. A., “Morfología, variaciones laterales y evolución de costras calcáreas: el entoscamiento del techo de la formación Vorohue (Chapadmalal, Prov. de Buenos Aires) como caso de estudio”, *Resoluciones 1a. Jornadas Geológicas Bonaerenses*, 1985, 43 pp.
- Zinger, Susana, “Modelo urbano territorial deseable para Bahía Blanca”, Informe de consultoría, Plan de desarrollo local Bahía Blanca, Unidad de Preinversión UNPRE, Programa multisectorial de pre inversión, Préstamo BID, 2009. Disponible en: <http://www.bahiablanca.gov.ar/obras/doc/inf_zinger.pdf> (fecha de consulta: 15 de junio de 2012).